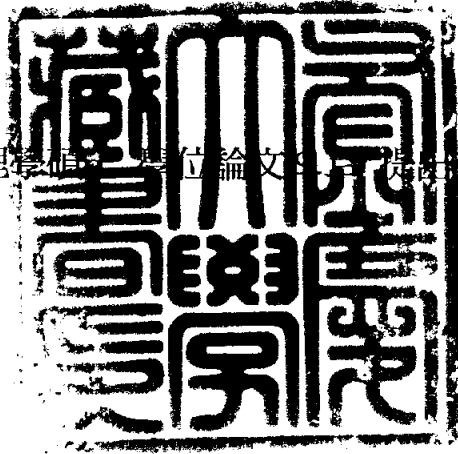


이학석사 학위논문

피부온도가 신경전도검사에 미치는
영향에 관한 연구

지도교수 김 영 태

이 論文을 理學碩士學位論文으로 提出함



2003년 2월

부경대학교 산업대학원

산업미생물학과

문 현 정

이 논문을 문현정의 이학석사
학위논문으로 인준함

2002년 12월

주 심 농학박사 이 원 재



위 원 이학박사 이 명 숙



위 원 이학박사 김 영 태



목 차

ABSTRACT	1
I. 서 론	3
II. 연구대상 및 방법	5
1. 연구대상	5
2. 연구방법	5
III. 연구결과	9
1. 피부온도의 변화와 분포	9
2. 신경전도속도 및 말단잠복기의 변화	12
3. 진폭의 변화	20
IV. 고 찰	27
V. 요 약	31
VI. 참고문헌	33
VII. 감사의 글	38

List of Tables

Table 1. Conditions of Nerve Conduction Study	8
Table 2. Average skin temperature (°C) in male and female	10
Table 3. Nerve conduction velocity in male and female on room temperature (Mean ± SD m/sec)	13
Table 4. Nerve conduction velocity in male and female on cold temperature (Mean ± SD m/sec)	14
Table 5. The effect of age, height on nerve conduction velocity at room temperature (Simple Regression Analysis)	15
Table 6. The effect of age, height on nerve conduction velocity at cold temperature (Simple Regression Analysis)	16
Table 7. The effect of age, height on nerve conduction velocity at room temperature (Multiple Regression Analysis)	17
Table 8. The effect of age, height on nerve conduction velocity at cold temperature (Multiple Regression Analysis)	19

Table 9. Amplitude in male and female on room temperature (Mean \pm SD m/sec)	21
Table 10. Amplitude in male and female on cold temperature (Mean \pm SD m/sec)	22
Table 11. The effect of age and height on amplitude at room temperature (Simple Regression Analysis)	23
Table 12. The effect of age and height on amplitude at cold temperature (Simple Regression Analysis)	24
Table 13. The effect of age and height on amplitude at room temperature (Multiple Regression Analysis)	25
Table 14. The effect of age and height on amplitude at cold temperature (Multiple Regression Analysis)	26

List of Figures

Figure 1. Distributions of skin temperature	11
---	----

The effect of skin temperature on Nerve Conduction Study

Hyun-Jeong Moon

*Department of Industrial Microbiology, Graduate School of Industry,
Pukyong National University*

ABSTRACT

Nerve conduction study (NCS) is aimed at performing the diagnostic evaluation on the abnormality of peripheral nervous system by tracing the physiological or pathophysiological state of nerve and at quantitating the function of a peripheral nerve using the electrical excitability. Therefore, NCS is needed for an essential tool for the study of neuropathy.

In the present study, we have analyzed that how skin temperatures affect on the nerve conduction velocity and amplitude. To this end, we performed the nerve conduction study by measuring at room temperature and at cold temperature against 30 women and 30 men from healthy Korean adults which thought be without any neurological deficits and analyzed the results from the nerve conductivity study with the effects of the skin temperature as well as the combined effects taken from several physiological factors.

With comparisons of results obtained from the measurement at room temperature to those of cold temperature, nerve conduction velocities were decreased but terminal latencies were significantly prolonged at cold temperature. In addition, the amplitudes of compound muscle action potential (CMAP) were increased while those of compound nerve action potential (CNAP) were moderately increased at cold temperature. The sex differences were recognized by the terminal latency of peroneal motor nerve and the amplitude of sensory nerves at room temperature.

In the cases of simple and multiple regression analysis, the height was affected on terminal latency of motor nerve conduction velocities and partially affected on the compound nerve action potentials of sensory nerves. However, the age did not give any significant effects on the velocity and amplitude of nerve conduction.

I. 서론

신경전도검사(Nerve conduction study, NCS)는 신경의 독특한 성질인 '전기적 흥분성(electrical excitability)'을 이용하여 신경전도의 속도를 측정함으로써 말초신경의 기능을 객관적으로 정량화 할 수 있다. 이러한 특성 때문에 NCS는 말초신경에 이상이 생기는 질병의 진단 및 추적 관찰에 필수적인 검사로 시행되고 있다(Gilliat, 1982). 신경전도검사는 환자의 건강 상태, 질병의 정도 및 상태 등 여러 가지 요인에 의해서 영향을 받는다. 이러한 요인의 종류는 기계적 요인, 기술적 요인, 생리학적 요인 등이 있다. 이 중에서도 과거에는 기계적 요인에 의한 실험상의 오차는 최근의 전기 전자 기계 기술의 발달로 대부분 해결되었다(Maynard and stolov, 1972). 그렇지만 생리학적 요인인 연령, 성, 신장, 검사 부위 및 피부 온도 등과 검사의 방법, 검사의 적정성 등과 같은 문제가 해결되지 않고 성인에 있어서 신장이나 성별, 연령 등과 같이 NCS 미치는 영향에 대한 임상적 의의에 대하여는 평가가 일정치 않은데 특히 이들 사이에는 신장과 연령, 성별과 연령간에 상관관계가 있기 때문에 각각 독립 변수로 작용하기 보다는 복합적으로 영향을 미친다고 보아야 한다(한국표준공업진흥청, 1986; Rivner 등, 1990). NCS에 영향을 미치는 많은 생리학적 요인 중에서도 피부 온도는 가장 직접적인 영향을 미치는데 검사 부위의 피부 온도가 낮으면 신경전도 속도는 느려지고 진폭이 증가한다는 사실은 이미 잘 알려져 있다. 실제적으로 겨울철에는 추운 날씨로 인한 낮은 외부 온도의 영향으로 피부 온도가 떨어지고, 이에 따라 말초 신경 질환이 없는 정상인의 경우에 있어서도 이러한 낮은 피부 온도 때문에 신경전도속도가 느려져 말초 신경 질환으로 진단하는 오류를 범할 수 있다.

따라서 여러 가지 방법으로 피부 온도의 영향을 극소화하기 위하여 검사실의 온도를 일정하게(20-25℃) 유지하고 낮은 외부 온도에 노출되었다 들어온 환자의 경우에는 일정시간 동안 기다려서 실내 온도에 적응시킨 후 검사를 시행하며, 검사 전에 환자의 피부 온도를 필수적으로 측정하여 기준 온도(31℃) 보다 낮으면 heating unit, 온수 등을 이용하여 기준 온도까지 높힌 후 검사를 시행하고 있다.

본 연구의 목적은 피부 온도가 신경전도 검사 시에 기준 온도 이하로 떨어질 때 신경전도 속도가 얼마나 느려지는지를 측정함과 동시에 진폭의 변화를 관찰하고, 이 요소가 NCS에 미치는 영향을 총괄적으로 파악하고자 계획되었으며 신경전도검사를 시행하여 그 결과를 분석함에 있어 범할 수 있는 오류를 최소화하고, 향후, 이 방면에 대한 연구에 있어 기초적인 자료로 이용하고자 한다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구대상

임상적으로 말초 신경 질환이 있는 경우는 물론, 말초 신경 질환이 흔히 동반되는 내과적 질환, 만성 음주자, 항결핵제나 항암제를 투여 받은 병력, 외상이나 척추근병 등의 병력 및 신경학적 검사 상 이상이 없는 20대 남녀 각 30명을 대상으로 하였다. 이들의 평균 연령은 남자 22.8세, 여자 23.2세 이었으며 평균 신장은 남자가 174.5 cm, 여자는 164.0 cm로 남자가 여자보다 10.4 cm가 컸다.

연구대상에서 대상자를 20 대로 한정시킨 것은 연령이 NCS에 미치는 아주 중요한 인자이고 고령으로 되어 갈수록 신경전도 속도는 감소하고 진폭 또한 감소하는 경향을 보인다. 따라서 연령은 NCS에 아주 중요한 변수로 작용할 것으로 예상되어 본 연구의 목적에 부합되어 다른 연령대를 본 연구 대상에서 제외 시켰다.

2. 연구방법

1) 검사방법 및 조건

부산시내 P병원 신경생리 검사실에서 검사를 시행하였으며 검사실 온도를 25℃로 유지하면서 환경에 의한 변화를 배제하였다. NCS는 피검자의 우측 상·하지를 실제 피부 온도(room skin temperature, RT)에서 검사하였고, 냉온도(cold skin temperature, CT)에서 다시 한 번 NCS를 시행하였다. 실제 피부 온도와 냉온도의 온도 차이는 평균 10℃-11℃로 하였다. 피검자의 상·하지 피부 온도를 내리기 위하여 얼음과 차가운 물

을 사용하였으며, 온도의 변화를 보기 위해서 온도 측정 센서를 검사 부위에 부착하여 그 변화를 관찰하면서 검사를 시행하였다. 검사를 시행한 신경은 상지(upper limb)에서는 정중 신경(median nerve)과 척골 신경(ulnar nerve), 하지(lower limb)에서는 후경골 신경(posterior tibial nerve), 비골 신경(peroneal nerve) 및 비복 신경(sural nerve)을 검사하였다. 상지에서의 운동 신경에 대한 NCS는 검출 전극을 정중 신경의 모지외전근(abductor pollicis brevis, APB)과 척골 신경의 소지외전근(abductor digiti quinti, ADQ)에 각각 부착하고 정중 신경과 척골 신경의 주행에 따라서 팔목, 팔꿈치, 액와의 순서대로 자극하여 구획 별 운동 신경 전도 검사를 시행하였다. 상지에서의 감각 신경의 NCS는 정중 신경에서는 인지에서 팔목까지(Finger-Wrist, F-W), 손바닥부터 팔목까지(Palm-Wrist, P-W), 척골 신경은 제 5수지에서 팔목까지(Finger-Wrist, F-W)의 구획에서 정향직(orthodromic) 방법으로 검사하였다. 하지에서의 운동 신경은 검출전극을 후경골 신경이 지배하는 모지내전근(adductor hallucis brevis, AHB)와 비골 신경이 지배하는 단지신근(extensor digitorum brevis, EDB)에 부착하여 후경골 신경과 비골 신경 주행 따라 발목부위와 무릎부위를 자극하여 구획별로 신경전도검사를 시행하였다. 하지의 감각 신경은 장딴지 부위의 비복 신경을 역향성(antidromic)으로 검사를 시행하였다. 자극의 강도는 운동 신경전도검사를 위하여 최대전위자극(supramaximal stimulation)을 감각 신경전도검사를 위하여 최대 복합 신경전위폭을 나타내는 최소한의 강도로 자극하여 복합근육활동전위(compound muscle action potential, CMAP)와 복합신경활동전위(compound nerve action potential, CNAP)를 유발하였다. NCS의 결과는 구획별 신경전도속도와 CMAP 및 CNAP의 진폭으로 나타내는데 신경전달 속도는 아래와

같은 전달속도 측정공식에 의하여 산출하였다.

운동신경전달속도

$$= \frac{\text{두 개의 자극간의 거리(mm)}}{\text{두 개의 복합운동 전위 기시부까지의 잠복기의 차(msec)}}$$

감각신경전달속도

$$= \frac{\text{자극 전극과 검출 전극간의 거리(mm)}}{\text{자극부터 신경전위 첨단부까지의 잠복기(msec)}}$$

진폭은 음첨단(negative peak)부터 양첨단(positive peak)까지를 CMAP는 milivolt 단위로 CNAP는 microvolt 단위로 측정하였다. 검사에 사용된 기기는 Keypoint(Dantec[®])을 사용하였고 검사에 사용된 검출 전극, 자극 전극, 접지 전극 등은 모두 상품화된 피부전극(Dantec[®])이었으며 검사조건은 표 1에 요약 정리하였다.

2) 자료처리 및 통계분석

모든 검사 결과는 SAS 8.0 통계 package를 사용하여 분석하였으며 모든 숫자는 평균±표준편차로 표시하였고 p≤0.05일 때 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 해석하였다.

Table 1. Conditions of Nerve Conduction Study

	Motor nerve	Sensory nerve
Filter (Hz)	2-10,000	2-10,000
Sweep time (msec/div)	5	2
Sensitivity	2-5 mV/div	20-50 μ V/div

Ⅲ. 연구결과

1. 피부 온도의 변화와 분포

NCS 시행시 검사 부위별 피부 온도는 생리학적 범위 내의 실온에서는 남녀 모두 상지 실온 31.0-36.0℃, 하지 실온 30.0-36.0℃의 사이에서 변화를 보였고 남자의 평균 온도는 32.1℃±1.88, 여자의 평균 온도는 32.1℃±1.75이었으며, 남자 최고 온도는 상지 35.6℃, 하지 34.7℃로 상지가 하지에 비하여 0.9℃ 높았고 최저 온도는 상지 31.0℃, 하지 30.6℃로 상지가 하지에 비하여 0.6℃ 높았다. 여자의 최고 온도는 상지 35.8℃, 하지 35.5℃로 상지가 0.3℃ 높았고, 최저 온도는 상지 30.1℃, 하지 28.7℃로 상지가 1.4℃ 높았다.

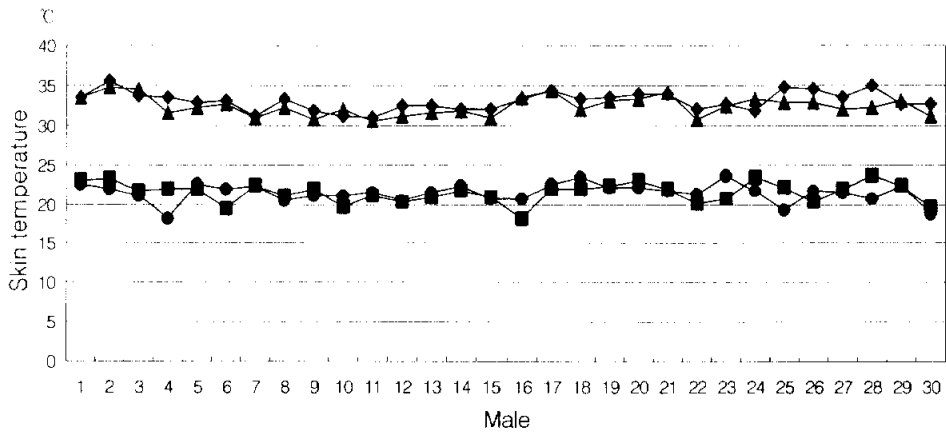
피부 온도를 비 생리학적 범위 이하로 내린 온도 역시 남녀 모두 상지 냉온 17.0℃-26.0℃, 하지 냉온 16.0℃-26.0℃ 사이에서 온도의 변화를 보였고 남자 평균 온도는 21.6℃±1.73, 여자 평균 온도는 21.5℃±1.90이었으며, 냉온에서의 남자 최고 온도는 상지 25.1℃, 하지 25.4℃로 하지가 상지에 비교하여 0.4℃ 높았고, 최저 온도는 상지 17.5℃, 하지 16.5℃로 상지가 하지에 비교하여 1.0℃ 높았다. 여자의 최고 온도는 상지 24.8℃, 하지 25.3℃로 하지가 0.5℃ 높았고, 최저 온도는 상지 16.9℃, 하지 17.2℃로 하지가 0.3℃ 높았다. 남녀 각 각 부위 별 평균 온도를 표2에 정리하였으며, 피부 온도에 대한 조사 대상군의 분포도를 그림1에 나타내었다.

Table 2. Average skin temperature (°C) in male and female

	RT (upper limb)	RT (lower limb)	CT (upper limb)	CT (lower limb)
Male	33.07	32.42	21.54	21.50
Female	32.21	32.14	21.67	21.58

RT: room skin temperature, CT: cold skin temperature.

A.



B.

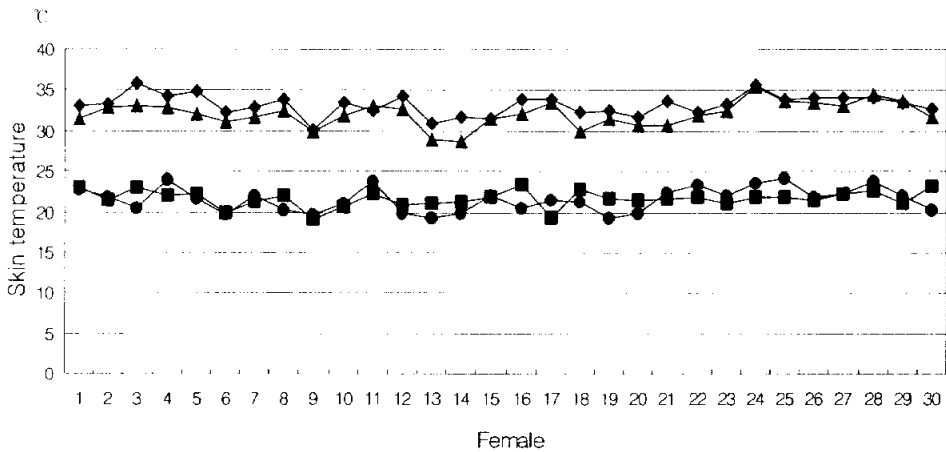


Figure 1. Distributions of skin temperature.

A. Male ; B. Female. (◆; Room skin temperature upper limb, ■; Room skin temperature lower limb, ▲; Cold skin temperature upper limb, ● ; Cold skin temperature lower limb)

2. 신경전도속도 및 말단잠복기의 변화

실온에서의 신경전도속도 및 말단잠복기의 전체 평균, 남녀 평균치는 표3에 정리하였으며, 냉온에서의 신경전도속도 및 말단잠복기의 전체 평균, 남녀 평균치는 표4에 요약하였다. 실온 측정시에 비해 냉온 측정시는 모든 운동 신경과 감각 신경에서 신경전도속도가 통계학적으로 유의하게 느려졌으며, 모든 운동 신경의 말단잠복기 역시 통계학적으로 유의한 지연이 관찰되었다. 표3에서 요약한 바와 같이 실온에서 척골신경(Ulnar motor nerve: wrist-elbow)의 손목에서 팔꿈치 사이 구획의 운동신경 전도속도와 비골 신경(Peroneal nerve: TL)의 말단잠복기를 제외하고는 통계학적으로 남녀 차이는 관찰되지 않았다. 표4에서 요약한 바와 같이 냉온 역시 정중 감각 신경(Median sensory nerve: finger-wrist)의 말단 부위 전도속도를 제외하고 남녀 차이는 관찰되지 않았다.

연령 및 신장이 각각 신경전도속도에 미치는 영향을 단순회귀분석(Simple regression analysis)을 통하여 분석한 결과 표 5에서 정리한 바와 같이 실온에서 신장이 척골 신경(Ulnar nerve: TL)의 말단잠복기와 비골 신경(Peroneal nerve: TL)의 말단 잠복기에 통계학적으로 의미 있는 상관성을 나타내었으나 나머지 다른 신경의 각각 검사 구획에서는 의미 있는 상관성을 나타내지 않았다. 표6에서 보는 바와 같이 냉온 역시 신장이 정중 감각 신경(Median sensory nerve: F-W)의 말단 부위를 제외하고는 의미 있는 상관성을 나타내지 않았다.

연령 및 신장이 신경전도속도에 미치는 영향이 복합적으로 작용할 것으로 예상되어 다중회귀분석(Multiple regression analysis)으로 분석한 결과 실온에서는 신장이 역시 척골 신경과 비골 신경의 말단잠복기에 표7에서 정리한 것과 같이 통계학적으로 의미 있는 상관성을 나타내었다.

Table 3. Nerve conduction velocity in male and female on room temperature
(Mean \pm SD m/sec)

	Segment	Total	Male	Female	P value
Motor nerve (m/sec)					
Median nerve	TL	2.82 \pm 0.30	2.85 \pm 0.27	2.97 \pm 0.20	0.4320
	W-E	64.83 \pm 4.36	64.03 \pm 3.29	65.59 \pm 3.58	0.1678
	E-Ax	72.30 \pm 4.64	72.25 \pm 4.19	72.35 \pm 3.24	0.9324
Ulnar nerve	TL	2.30 \pm 0.26	2.35 \pm 0.22	2.26 \pm 0.20	0.2186
	W-BE	72.48 \pm 4.70	71.11 \pm 4.04	73.79 \pm 3.17	0.0265
	BE-AE	66.11 \pm 8.03	64.99 \pm 5.64	67.16 \pm 7.03	0.2996
	AE-Ax	72.48 \pm 7.45	72.46 \pm 6.61	72.51 \pm 5.32	0.9779
Post.tibial nerve	TL	3.68 \pm 0.37	3.70 \pm 0.28	3.67 \pm 0.32	0.7418
	K-A	58.88 \pm 3.54	58.88 \pm 2.61	59.07 \pm 3.05	0.8422
Peroneal nerve	TL	3.55 \pm 0.46	3.68 \pm 0.37	3.43 \pm 0.34	0.0358
	K-FH	53.68 \pm 3.54	53.34 \pm 2.94	53.99 \pm 2.73	0.4863
	FH-PF	58.76 \pm 6.87	58.67 \pm 4.79	60.78 \pm 6.16	0.2441
Sensory nerve (m/sec)					
Median nerve	F-W	55.40 \pm 4.04	55.29 \pm 3.10	55.51 \pm 3.37	0.8403
	P-W	57.60 \pm 8.18	58.45 \pm 5.04	56.86 \pm 9.02	0.5220
Ulnar nerve	F-W	52.85 \pm 3.82	52.17 \pm 2.96	53.68 \pm 3.19	0.1361
Sural nerve	calf	50.34 \pm 3.51	50.05 \pm 2.58	50.60 \pm 3.01	0.5481

TL: terminal latency, W-E: wrist-elbow, E-Ax: elbow-axilla
W-BE: wrist-below elbow, BE-AE: below elbow-above elbow
K-A: knee-ankle, K-FH: knee-fibular head, FH-PF: fibular
head-popliteal fossa, F-W: finger-wrist, P-W: palm-wrist
Post.: posterior.

Table 4. Nerve conduction velocity in male and female on cold temperature
(Mean \pm SD m/sec)

	Segment	Total	Male	Female	P value
Motor nerve (m/sec)					
Median nerve	TL	3.78 \pm 0.52	3.69 \pm 0.46	3.88 \pm 0.35	0.1681
	W-E	58.58 \pm 3.80	59.33 \pm 3.20	59.89 \pm 3.04	0.6365
	E-Ax	64.16 \pm 4.61	64.43 \pm 3.63	66.08 \pm 3.66	0.3371
Ulnar nerve	TL	3.12 \pm 0.41	3.06 \pm 0.28	3.17 \pm 0.36	0.3302
	W-BE	65.52 \pm 4.68	64.91 \pm 1.17	66.08 \pm 3.66	0.3371
	BE-AE	58.80 \pm 7.36	59.78 \pm 5.83	59.81 \pm 5.99	0.9863
	AE-Ax	66.04 \pm 6.56	66.41 \pm 5.30	65.70 \pm 5.23	0.6776
Post.tibial nerve	TL	4.66 \pm 0.72	4.71 \pm 0.50	4.61 \pm 0.63	0.6053
	K-A	52.71 \pm 3.64	52.41 \pm 2.82	52.99 \pm 3.01	0.5408
Peroneal nerve	TL	4.23 \pm 0.58	4.31 \pm 0.44	4.16 \pm 0.49	0.3236
	K-FH	50.38 \pm 3.08	49.95 \pm 2.32	50.79 \pm 2.57	0.2974
	FH-PF	51.36 \pm 5.53	50.75 \pm 4.38	51.93 \pm 4.45	0.4161
Sensory nerve (m/sec)					
Median nerve	F-W	45.82 \pm 4.01	47.31 \pm 2.79	44.66 \pm 3.24	0.0101
	P-W	50.88 \pm 5.73	51.91 \pm 4.11	50.12 \pm 4.92	0.2294
Ulnar nerve	F-W	43.17 \pm 4.57	43.50 \pm 3.66	42.87 \pm 3.66	0.6025
Sural nerve	calf	43.84 \pm 2.76	43.90 \pm 1.94	43.98 \pm 2.46	0.9113

TL: terminal latency, W-E: wrist-elbow, E-Ax: elbow-axilla, W-BE: wrist-below elbow, BE-AE: below elbow-above elbow, K-A: knee-ankle, K-FH: knee-fibular head, FH-PF: fibular head-popliteal fossa, F-W: finger-wrist, P-W: palm-wrist, Post.: posterior.

Table 5. The effect of age, height on nerve conduction velocity at room temperature (Simple Regression Analysis)

	Segment	Age	Height
Motor nerve			
Median nerve	TL	$\gamma =$ NS	$\gamma =$ NS
	W-E	NS	NS
	E-Ax	NS	NS
Ulnar nerve	CMAF	NS	-0.0148**
	W-BE	NS	NS
	BE-AE	NS	NS
	AE-Ax	NS	NS
Post.tibial nerve	TL	NS	NS
	K-A	NS	NS
Peroneal nerve	TL	NS	0.0250**
	K-FH	NS	NS
	FH-PF	NS	NS
Sensory nerve			
Median nerve	F-W	NS	NS
	P-W	NS	NS
Ulnar nerve	F-W	NS	NS
Sural nerve	calf	NS	NS

TL: terminal latency, W-E: wrist-elbow, E-Ax: elbow-axilla, W-BE: wrist- below elbow, BE-AE: below elbow-above elbow, K-A: knee-ankle, K-FH: knee-fibular head, FH-PF: fibular head-popliteal fossa, F-W: finger-wrist, P-W: palm-wrist, Post.: posterior,

** : $P < 0.01$, * : $P < 0.05$, NS: Not Significant

Table 6. The effect of age, height on nerve conduction velocity at cold temperature (Simple Regression Analysis)

	Segment	Age	Height
Motor nerve			
Median nerve	TL	$\gamma = \text{NS}$	$\gamma = \text{NS}$
	W-E	NS	NS
	E-Ax	NS	NS
Ulnar nerve	TL	NS	NS
	W-BE	NS	NS
	BE-AE	NS	NS
	AE-Ax	-0.7431*	NS
Post.tibial nerve	TL	NS	NS
	K-A	NS	NS
Peroneal nerve	TL	NS	NS
	K-FH	NS	NS
	FH-PF	NS	NS
Sensory nerve			
Median nerve	F-W	NS	0.2300**
	P-W	0.6410*	NS
Ulnar nerve	F-W	NS	NS
Sural nerve	calf	NS	NS

TL: terminal latency, W-E: wrist-elbow, E-Ax: elbow-axilla, W-BE: wrist-below elbow, BE-AE: below elbow-above elbow, K-A: knee-ankle, K-FH: knee-fibular head, FH-PF: fibular head-popliteal fossa, F-W: finger-wrist, P-W: palm-wrist, Post.: posterior, **: $P < 0.01$, *: $P < 0.05$, NS: Not Significant.

Table 7. The effect of age, height on nerve conduction velocity at room temperature (Multiple Regression Analysis)

	Segment	Age	Height
Motor nerve			
Median nerve	TL	$\beta = \text{NS}$	$\beta = \text{NS}$
	W-E	NS	NS
	E-Ax	NS	NS
Ulnar nerve	TL	NS	0.0151**
	W-BE	NS	NS
	BE-AE	NS	-0.3931*
	AE-Ax	NS	NS
Post.tibial nerve	TL	NS	NS
	K-A	NS	NS
Peroneal nerve	TL	NS	0.0253**
	K-FH	NS	NS
	FH-PF	NS	NS
Sensory nerve			
Median nerve	F-W	NS	NS
	P-W	NS	NS
Ulnar nerve	F-W	NS	NS
Sural nerve	calf	NS	NS

TL: terminal latency, W-E: wrist-elbow, E-Ax: elbow-axilla, W-BE: wrist-below elbow, BE-AE: below elbow-above elbow, K-A: knee-ankle, K-FH: knee-fibular head, FH-PF: fibular head-popliteal fossa, F-W: finger-wrist, P-W: palm-wrist, Post.: posterior,

** : $P < 0.01$, * : $P < 0.05$, NS: Not Significant.

표 8에서 요약한 바와 같이 냉온에서는 정중 감각 신경의 말단부위에서 의미 있는 상관성을 나타내었다. 일반적으로 연령은 신경전도 속도에 선반적으로 영향을 주는 인자이나 본 연구에서는 대상자를 20대로 한정시켰기 때문에 연령에 대한 의미 있는 상관성은 조사되지 않았다.

Table 8. The effect of age, height on nerve conduction velocity at cold temperature (Multiple Regression Analysis)

	Segment	Age	Height
Motor nerve			
Median nerve	TL	$\beta =$ NS	$\beta =$ NS
	W-E	NS	NS
	E-Ax	NS	NS
Ulnar nerve	TL	NS	NS
	W-BE	NS	NS
	BE-AE	NS	NS
	AE-Ax	NS	NS
Post.tibial nerve	TL	NS	NS
	K-A	NS	NS
Peroneal nerve	TL	NS	NS
	K-FH	NS	NS
	FH-PF	NS	NS
Sensory nerve			
Median nerve	F-W	NS	0.2326**
	P-W	0.6944*	0.2251**
Ulnar nerve	F-W	NS	NS
Sural nerve	calf	NS	NS

TL: terminal latency, W-E: wrist-elbow, E-Ax: elbow-axilla, W-BE: wrist-below elbow, BE-AE: below elbow-above elbow, K-A: knee-ankle, K-FH: knee-fibular head, FH-PF: fibular head-popliteal fossa, F-W: finger-wrist, P-W: palm-wrist, Post.: posterior, **: P<0.01, *: P<0.05, NS: Not Significant.

3. 진폭(amplitude)의 변화

본 연구에서 진폭(amplitude) 대한 변화는 실온에서의 전체 평균, 남녀 평균치는 표9에 나타내었고 냉온에서의 전체 평균, 남녀 평균치는 표 10에 나타내었다. 운동 신경은 모두 실온 측정시에 비해 냉온 측정시 통계학적으로 유의한 진폭의 증가를 보였고 감각 신경은 하지의 비복 신경은 진폭의 증가를 보였으나 상지의 감각 신경은 약간의 진폭감소를 보였다. 실온에서 진폭의 크기를 비교하면 운동 신경에서는 척골 신경의 팔꿈치 부위를 지나 액와 부위까지의 검사구획(Ulnar motor nerve: above elbow - axilla)을 제외하고는 남녀 차이는 관찰되지 않았으나 모든 감각 신경의 전 구획에서 통계학적으로 유의하게 남자와 비교하여 여자가 진폭이 컸다. 냉온에서는 비골 신경의 비골근을 지나 슬와부까지의 구획(Peroneal motor nerve: fibular head - popliteal fossa)을 제외한 남녀 차이는 관찰되지 않았고 감각 신경 중 정중 신경의 모든 구획에서 통계학적으로 유의하게 남자와 비교하여 여자가 진폭이 컸다.

표 11에서 요약한 바와 같이 단순회귀분석(simple regression analysis)에 의한 진폭과 연령 및 신장의 상관관계는 신장이 실온에서 척골 운동 신경과 정중 감각 신경에서 통계학적으로 유의한 상관성을 보였다. 냉온 역시 신장이 정중 감각 신경의 발단 부위를 제외하고는 의미 있는 상관성을 나타내지 않았다(표12). 표13과 14에서는 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 통하여 상관관계를 분석한 결과 실온과 냉온에서 신장이 정중 감각 신경에서 의미 있는 상관성을 나타낸 것을 제외하고는 나머지 신경에서는 상관성을 나타내지 않았다. 일반적으로 연령은 진폭에 영향을 미치는 중요한 인자이나 본 연구에서는 대상자를 20대로 한정시켰기 때문에 통계학적으로 의미 있는 상관성을 나타내지 않았다.

Table 9. Amplitude in male and female on room temperature

(Mean \pm SD m/sec)

	Segment	Total	Male	Female	P value
Motor nerve (mV)					
Median nerve	CMAP	16.88 \pm 3.88	17.04 \pm 3.22	16.95 \pm 3.03	0.9272
	W-E	16.54 \pm 3.75	16.52 \pm 3.04	16.55 \pm 2.99	0.9751
	E-Ax	16.50 \pm 3.87	16.20 \pm 3.03	16.78 \pm 3.17	0.5648
Ulnar nerve	CMAP	15.86 \pm 2.88	16.65 \pm 2.04	15.32 \pm 2.44	0.3302
	W-BE	15.21 \pm 2.81	15.95 \pm 2.01	14.53 \pm 2.33	0.3371
	BE-AE	14.76 \pm 2.72	15.59 \pm 1.98	13.99 \pm 2.22	0.9863
	AE-Ax	14.45 \pm 2.63	15.28 \pm 1.84	13.67 \pm 2.16	0.0171
Post.tibial nerve	CMAP	28.44 \pm 8.45	27.74 \pm 5.50	29.10 \pm 7.77	0.5394
	K-A	22.84 \pm 5.88	22.12 \pm 3.66	23.70 \pm 5.47	0.3020
Peroneal nerve	CMAP	8.34 \pm 2.83	8.96 \pm 2.72	7.75 \pm 1.81	0.1109
	K-FH	7.88 \pm 2.87	8.58 \pm 2.73	7.22 \pm 1.65	0.0668
	FH-PF	7.78 \pm 2.74	8.42 \pm 2.60	7.18 \pm 1.60	0.0820
Sensory nerve (μ V)					
Median nerve	F-W	27.83 \pm 8.61	24.03 \pm 4.26	31.58 \pm 7.61	0.0004
	P-W	13.53 \pm 41.36	94.31 \pm 20.89	131.52 \pm 35.97	0.0003
Ulnar nerve	F-W	18.03 \pm 6.06	15.93 \pm 4.21	19.97 \pm 4.90	0.0084
Sural nerve	calf	31.80 \pm 13.68	27.10 \pm 7.16	36.38 \pm 12.61	0.0075

CMAP: compound muscle action potential, W-E: wrist-elbow, E-Ax: elbow-axilla, W-BE: wrist-below elbow, BE-AE: below elbow-above elbow, K-A: knee-ankle, K-FH: knee-fibular head, FH-PF: fibular head-popliteal fossa, F-W: finger-wrist, P-W: palm-wrist, Post.: posterior.

Table 10. Amplitude in male and female on cold temperature
(Mean \pm SD m/sec)

	Segment	Total	Male	Female	P value
Motor nerve (mV)					
Median nerve	CMAP	20.00 \pm 6.16	19.36 \pm 4.17	20.60 \pm 5.54	0.4420
	W-E	18.88 \pm 4.35	18.65 \pm 3.66	19.11 \pm 3.32	0.6856
	E-Ax	18.03 \pm 4.51	18.56 \pm 3.79	19.47 \pm 3.42	0.4391
Ulnar nerve	CMAP	16.63 \pm 3.18	16.96 \pm 2.38	16.31 \pm 2.70	0.4359
	W-BE	16.04 \pm 3.13	16.27 \pm 2.45	15.82 \pm 2.56	0.5854
	BE-AE	15.78 \pm 3.01	16.06 \pm 2.43	15.52 \pm 2.39	0.4987
	AE-Ax	15.64 \pm 3.01	15.92 \pm 2.25	15.39 \pm 2.55	0.5036
Post.tibial nerve	CMAP	32.51 \pm 8.55	32.30 \pm 7.46	32.70 \pm 6.22	0.8595
	K-A	28.55 \pm 6.73	28.33 \pm 5.08	28.76 \pm 5.68	0.8086
Peroneal nerve	CMAP	8.54 \pm 3.26	10.22 \pm 2.99	8.90 \pm 2.08	0.1182
	K-FH	8.27 \pm 3.22	9.94 \pm 2.95	8.63 \pm 2.06	0.1172
	FH-PF	8.42 \pm 3.51	10.36 \pm 3.24	8.52 \pm 2.01	0.0397
Sensory nerve (μ V)					
Median nerve	F-W	20.33 \pm 7.88	18.17 \pm 4.17	22.35 \pm 7.48	0.0389
	P-W	107.80 \pm 28.58	109.80 \pm 20.19	112.4 \pm 27.74	0.0282
Ulnar nerve	F-W	12.74 \pm 4.68	11.89 \pm 3.03	13.54 \pm 4.24	0.1761
Sural nerve	calf	40.86 \pm 20.80	36.20 \pm 9.91	45.22 \pm 20.60	0.0936

CMAP: compound muscle action potential, W-E: wrist-elbow, E-Ax: elbow-axilla, W-BE: wrist-below elbow, BE-AE: below elbow-above elbow, K-A: knee-ankle, K-FH: knee-fibular head, FH-PF: fibular head-popliteal fossa, F-W: finger-wrist, P-W: palm-wrist, Post.: posterior.

Table 11. The effect of age and height on amplitude at room temperature (Simple Regression Analysis)

	Segment	Age	Height
Motor nerve			
Median nerve	APB	$\gamma = \text{NS}$	$\gamma = \text{NS}$
Ulnar nerve	ADM	NS	0.1687**
Post.tibial nerve	AH	NS	NS
Peroneal nerve	EDB	NS	NS
Sensory nerve			
Median nerve	F-W	NS	-0.4480**
	P-W	NS	-1.7766*
Ulnar nerve	F-W	NS	NS
Sural nerve	calf	NS	NS

APB: Abductor Pollicis Brevis, ADM: Abductor Digiti Minimi,
 AH: Abductor Hallucus, EDB: Extensor Digitorum Brevis,
 Post.: posterior, **: $P < 0.01$, *: $P < 0.05$, NS: Not Significant.

Table 12. The effect of age and height on amplitude at cold temperature (Simple Regression Analysis)

	Segment	Age	Height
Motor nerve			
Median nerve	APB	$\gamma = \text{NS}$	$\gamma = \text{NS}$
Ulnar nerve	ADM	NS	NS
Post.tibial nerve	AH	1.0283*	NS
Peroneal nerve	EDB	NS	NS
Sensory nerve			
Median nerve	F-W	-0.9157*	-0.0323**
	P-W	NS	NS
Ulnar nerve	F-W	NS	NS
Seural nerve	calf	NS	NS

APB: Abductor Pollicis Brevis, ADM: Abductor Digiti Minimi,
 AH: Abductor Hallucis, EDB: Extensor Digitorum Brevis,
 Post.: posterior,

** : $P < 0.01$, * : $P < 0.05$, NS: Not Significant.

Table 13. The effect of age and height on amplitude at room temperature (Multiple Regression Analysis)

	Segment	Age	Height
Motor nerve			
Median nerve	APB	$\beta =$ NS	$\beta =$ NS
Ulnar nerve	ADM	NS	0.1735**
Post.tibial nerve	AH	NS	NS
Peroneal nerve	EDB	NS	NS
Sensory nerve			
Median nerve	F-W	NS	-0.4682**
	P-W	NS	-1.8200*
Ulnar nerve	F-W	NS	NS
Sural nerve	calf	NS	NS

APB: Abductor Pollicis Brevis, ADM: Abductor Digiti Minimi,
 AH: Abductor Hallucus, EDB: Extensor Digitorum Brevis,
 Post.: posterior,

** : $P < 0.01$, * : $P < 0.05$, NS: Not Significant.

Table 14. The effect of age and height on amplitude at cold temperature
(Multiple Regression Analysis)

	Segment	Age	Height
Motor nerve			
Median nerve	APB	$\beta = \text{NS}$	$\beta = \text{NS}$
Ulnar nerve	ADM	NS	NS
Post.tibial nerve	AH	1.0429*	NS
Peroneal nerve	EDB	NS	NS
Sensory nerve			
Median nerve	F-W	-0.9991*	-0.3519*
	P-W	NS	NS
Ulnar nerve	F-W	NS	NS
Sural nerve	calf	NS	NS

APB: Abductor Pollicis Brevis, ADM: Abductor Digiti Minimi,
AH: Abductor Hallucus, EDB: Extensor Digitorum Brevis,
Post.: posterior,

** : $P < 0.01$, * : $P < 0.05$, NS: Not Significant.

IV. 고찰

신경전도검사(nerve conduction study)는 말초신경의 기능을 객관적으로 정량화 할 수 있고 말초신경의 병리 및 생리적 상태를 알 수 있기 때문에 진단 및 추적 관찰에 필수적인 검사로 활용되고 있다(Gillet, 1982). NCS는 말초신경을 전기적으로 자극한 다음 유발된 전위를 근육이나 신경자체에서 검출하는 비교적 간단한 검사이기는 하지만 여러 가지 기계적, 기술적 인자 및 생리학적 요인들이 NCS 결과에 미치는 영향을 파악하지 않고 결과분석에 들어가면 검사결과를 오판할 수 있다(Kimura, 1989; Simpson, 1964). NCS에 미치는 인자 중 기계적인 요인들은 과거 전자기술이 발달하기 전까지는 실험오차의 가장 큰 요인이라 생각했으나 최근에는 전기 전자 기계 기술의 발달로 이 문제는 대부분 해결되었다(Maynard and Stolov, 1972). 그러나 기술적 요인과 생리학적 요인 등은 아직까지도 여러 가지 실험 오차에 대한 문제점들을 유발하는 요인으로 제기되고 있다. 검사기술에 있어서의 실험오차는 주로 잠복기 측정에 있어서의 오차로서(Stolov, 1981), 특히 잠복기 측정에 있어서의 오차가 89%를 차지한다고 한다(Maynard and Stolov, 1972). 같은 검사자가 같은 방법으로 한 환자에서 검사하더라도 검사할 때마다 전달속도가 약 1.6-4.4 m/sec 정도 달라질 수 있고, 5-9%의 변환 상수(coefficients of variation: 평균치에 대한 표준편차의 퍼센트)를 보인다(Oh, 1993 ; 1998). 이와 같은 수치는 본 연구에서 얻은 결과와도 유사성을 보여주고 있다.

최근에는 잠복기 측정을 인위적이 아니고 전기적으로 자동 측정하는 장치가 많이 보급되어서 이를 이용한다면 검사자 간 검사 결과의 차이가 더욱 줄어들 가능성이 있지만, 본 연구에서는 적용하지 못하였다. 이러한

문제로 NCS는 연령, 성, 신장, 검사 부위 및 피부 온도 등 여러 가지 생리학적인 요인과 기술의 영향을 고려한 정확한 판정 기준이 필요하다. NCS의 판정 기준을 설정하는데 있어서의 원칙은 감수성(sensitivity)와 특이성(specificity)을 최대한 높이는 것인데 이를 위하여는 앞에서 전술한 기계, 기술적인 문제가 해결되어야 함이 필수적이지만 더욱 어려운 것이 판정 기준을 설정하는 통계처리 과정에서 그 변이가 쉽게 반영되지 않는 피부 온도, 신장, 연령, 성별 등 여러 가지 생리학적 인자에 대한 영향이다. 여러 가지 생리학적 인자 중 가장 직접적인 영향을 미치는 인자는 피부 온도이다. 앞에서의 연구 결과에 의하면(Ludin and Beyler, 1977; Trackmann, 1976) 검사 구획의 피부 온도가 오차의 가장 큰 원인이라고 하였는데 검사 부위의 체온이 낮으면 신경전달 속도가 느려지는 반면 전위폭이 커진다는 사실은 이미 잘 알려져 있다(Bolton et al, 1981; Dejesus et al, 1973; Ludin and Beyler, 1977; Denneys, 1991). 체온의 변화에 따른 신경전달 속도의 변화는 선형상관관계(semilogarithmic)를 나타내기 때문에 검사구획의 피부 온도가 낮으면 Dejesus 등(1973)은 $Y_2 = Y_1 e^{(m_2 \Delta T)}$ 의 식으로, DeJong 등(1977)은 $Y_2 = (Q_{10})^{\Delta T / 10}$ 의 공식으로 신경전도속도의 수정이 가능하다고 보고하였다. 본 연구에서 관찰한 바와 같이 피부 온도는 신경전도속도 및 말단잡복기, 진폭 등 신경전도검사에 통계학적으로 유의한 영향을 미쳤다. 일반적으로 NCS는 좌우 차이가 없으나(김세주 등, 1976) 상지의 신경이 하지의 신경보다 전도 속도가 빠르며(Stolov, 1981) 동일 신경이라고 하더라도 근위구획이 원위구획보다 전도속도가 빠르다(Ludin and Beyler, 1977; Gregerson, 1967; Trackmann et al, 1976). 상지의 신경이 하지의 신경보다, 또한 근위구획이 원위구획보다 신경전도 속도가 빠른 이유는 검사 구획 피부 온도차이에 대한 영향이 있을 것으로 생각되지만(Arrigo

et al, 1962), 더욱 중요한 것은 신경섬유의 굵기(Campbell et al, 1981) 및 신경절간 길이 (internodal length)라 생각되고 있는데 신경섬유의 굵기와 신경절간의 길이는 비례하는 경향이 있고 이들이 크면 신경전도 속도도 빠르다. 소아기에 있어서 연령이 신경전도 속도에 미치는 영향은 이미 잘 알려져 있는데 출생 시 정상 성인의 반정도로 느린 전도 속도는 4-6세 경인 성인 범위까지 빠르게 성장하며(Cho, 1987) 그 이후로도 14세 내지 16세 까지는 서서히 전도 속도가 빨라진다. 그러나 20세 이후에는 신경의 종류에 따라 그 정도에 있어서 정도의 차이를 보이기는 하지만 나이가 많을수록 신경전도 속도가 조금씩 느려지는 경향이 있기 때문에(Oh, 1993; 1998) 판정기준을 연령군 별로 나누거나 회귀분석 결과에 의존하기도 한다. 성별 및 신장이 신경전도 속도에 미치는 영향에 대하여는 아직 확실하게 통일된 견해가 없다. 남녀간 신경전달속도에 차이가 없다는 보고도 있고 여자의 신경전도 속도가 빠르다는 주장이 있는 반면 느리다는 견해도 있다. 신장의 영향에 대해서는 신경전도속도와 관계가 없다고(Kato 등, 1960) 주장한 반면, 키가 크면 전도속도가 느린 역비례 관계를 보인다고(Lang 등, 1977) 하였으며(Rivner et al, 1990), 신경의 종류에 따라 달라서 상지 정중 신경의 신경전도 속도는 신경과 관계가 없지만 하지의 비골 신경과 비복 신경은 키가 큰 사람에서 전달 속도가 느려지는 경향이 있다고 주장하고 그 이유는 하지의 말단부위에서 신경섬유의 Tapering이 상지보다 현저하기 때문일 것으로 추정하였다(Campbell et al, 1981 ; Soundmand et, al, 1982). NCS에서 진폭의 변화는 탈수초성 변화보다도 축색 변성을 특징으로 하는 말초 신경병증의 임상적용에 중요한데 여러 가지 생리학적 인자가 진폭에 미치는 영향에 대하여는 검사 부위의 피부 온도의 변화에 따른 진폭의 차이만 비교적 알려져 있을 뿐 다른 생리학적 인자가 미치는

영향에 대한 연구 논문은 흔하지 않다. 진폭은 여러 가지 기술적, 생리적으로 인자에 의하여 쉽게 영향을 받으며 CMAP의 변환상수가 60%에 이르고 동일 환자의 반복 검사에 있어서도 10-15%의 변이(Bolton et, al, 1981)를 나타낸다고 한다. 개인별 생리학적 인자 중 피부 온도가 진폭에 미치는 영향은 비교적 잘 알려져 있다. 본 연구에서도 이러한 사실을 확인할 수 있었다.

이상의 연구 결과를 볼 때 NCS를 이용한 각종 연구에서는 물론 임상에서 검사 결과를 판정하는데 있어서 피부 온도의 영향을 충분히 고려하지 않는다면 검사 결과의 분석에 대한 오류를 범할 수 있다. 특히 바깥 기온이 낮은 겨울에 피부 온도가 고려되지 않는 상태에서 검사를 한다면 그 신뢰도에 더욱더 한계가 있을 것으로 사료된다. 이에 NCS를 시행함에 있어서는 엄격하게 표준화된 검사 기술은 물론 연령, 신장 등의 다른 생리학적인자에 대한 복합적인 영향도 고려함과 동시에 피부 온도는 필수적으로 측정하여 기준 온도 이하로 떨어질 때에는 여러 가지 방법을 통하여 피부온도를 기준 온도로 보정 한 후 검사를 시행하여야 할 것으로 생각된다.

V. 요약

신경전도검사는 신경의 독특한 성질인 '전기적 흥분성(electrical excitability)'을 이용하여 신경전도 속도를 측정함으로써 말초신경의 기능을 객관적으로 정량화 할 수 있기 때문에 말초신경병의 진단 및 추적 관찰에 필수적인 검사로 시행되고 있다. NCS는 여러 가지 요인에 의해서 영향을 받는데 그 중에서도 피부온도가 가장 직접적인 영향을 미친다. 본 연구에서는 피부온도가 신경전도 검사에 미치는 영향을 총괄적으로 분석하고자 하였다.

부산 시내 소재 P병원의 신경생리 검사실에서 특별한 말초신경계 질환이 없다고 생각된 건강한 한국인 성인 남녀 각각 30명을 대상으로 실온에서 NCS를 시행하고 평균 10°C 내린 온도인 냉온에서 다시 NCS를 시행하여 그 결과를 분석하였다. 실온에서 신경전도검사 시행 결과와 냉온에서 시행한 결과를 비교해 볼 때 냉온에서 말단잠복기는 연장되었고 신경전도속도는 운동 신경, 감각 신경 모두 감소하는 경향으로 나타났다. 진폭의 변화는 운동 신경은 모두 실온측정 시에 비해 냉온측정 시 진폭의 증가를 보였고 감각 신경은 하지의 비복 신경이 진폭의 증가를 보였으나 상지의 감각 신경은 약간의 진폭 감소를 보였다. 연령 및 신장이 신경전도속도에 미치는 영향은 단순회귀분석(simple regression analysis)과 다중회귀분석(multiple regression analysis)상 신장이 운동 신경의 말단 잠복기에서 통계학적으로 의미 있는 상관성을 나타내었다. 진폭과 연령 및 신장의 상관관계는 신장이 감각 신경에서 부분적으로 의미 있는 상관성을 나타내었고 연령은 의미 있는 상관성을 나타내지 않았다.

이상의 결과로 신경전도검사에 영향을 미치는 생리학적 요인 중에서

피부온도는 T-test 등의 통계 분석 상 신경전도 속도와 진폭에 유의하게 영향이 있는 것으로 나타났다. 피부 온도가 기준 온도에서 떨어질 때 전도 속도는 감소하고 진폭은 증가하는 결과를 볼 때 피부 온도에 대한 영향을 극소화하여 검사를 시행하여야 임상에서 검사 결과를 판정하는데 있어서 범할 수 있는 오류를 최소화할 수 있다는 결론을 얻었다.

VI. 참고문헌

- Aminoff, M.J. (1998) *Electromyography in Clinical Practice*. 3rd ed. New York: Churchill Livingstone.
- Arrigo, A., Gosi, V., and Savoldi, F. (1962) The conduction velocity of the human sciatic nerve. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol., suppl.* 22: 23-25.
- Bolton, C.F, Sawa, G.M., and Carte, K. (1981) Temperature effect on the size of human sensory compound action potentials. *J. Neurol Neurosurg Psychiatry*, 44; 407-413.
- Campbell, W.W, Ward, C., and Swift, T.R. (1981) Nerve conduction velocity varies inversely with height. *Muscle Nerve*, 4: 520-523
- DeJesus, P.V, Hausmanowa-Petrusewicz, I, and Barchi, R.L. (1973) The effect of cold on nerve conduction of human slow and fast nerver fibers. *Neurology*, 23: 1182-1189.
- DeJond, R.H., Hershey, W.N, and Wagman, I.H. (1966) Nerve conduction veLOCITY during hypothermia in man. *Anesthesiology*, 27: 805-810.

- Denneys, E.H. (1991) The influence of temperature in Clinical electrophysiology. AAEE Minimography #14, AAEE, Rochester, Minn.
- Gilliatt, R.W. (1982) Electrophysiology of peripheral neuropathies: an review. *Muscle Nerve*, 5: 108-116.
- Gregerson, G. (1967) Diabetic neuropathy: influence of age, sex, metabolic control, and duration of diabetes on motor conduction velocity. *Neurology*, 17: 972-980.
- Kimura, J. (1989) *Electrodiagnosis in Diseases of Nerve and Muscle: Principle and Practice*. 2nd ed. Philadelphia, F.A Davis company.
- Kato, M. (1960) The nerve conduction velocity of ulnar and the spinal time measured by means of the H-waves in average adults and athletes. *Tohoku J Exp Med*, 73:74-85.
- Lambert, E.H. (1972) Diagnostic value of electrical stimulation on motor nerves. *Electroencephalogr Clin. Neurophysiol.*, suppl 22:9-16.
- Luder, H. (1982) Introduction to somatosensory evoked potentials. in Fifth Annual Continuing Education Course, AAEE, minimography Rochester, Minn

- Ludin, H.P., and Beyler, F. (1977) Temperature dependence on normal sensory action potentials. *J. Neurol.*, 216: 173-180.
- Maynard, F.W. and Stolov, W.C. (1972) Experimental error in determination of nerve conduction velocity. *Arch Phys Med Rehabil.*, 53: 362-372.
- Oh, S.J. (1993) *Clinical Electromyography: Nerve Conduction Studies*. 2nd ed. Baltimore, Williams & Wilkins.
- Oh, S.J. (1998) *Principles of Clinical Electromyography: Case Studies*. Baltimore, Williams & Wilkins.
- Ricker, K., Hertel, G., and Stodieck, G. (1977) Increased voltage of the muscle action potentials normal subjects after local cooling. *J. Neurol.*, 216: 33-38.
- Rivner, M.H., Swift, T.R., Crout, B.O., and Rhodes, K.P., (1990) Toward more rational nerve conduction interpretations: The effects of height. *Muscle Nerve*, 13: 232-239.
- Simpson, J.A. (1964) Fact and fallacy in measurement of conduction velocity in motor nerves. *J. Neurol Neurosurg Psychiatry*, 27: 381-385.

Soundmand, R, Ward, C, and Swift, T.R. (1982) The effect of height on nerve conduction velocity. *Neurology*, 32: 407-410.

Stolov, W.C. (1981) Instrumentation and measurement in electrodiagnosis. AAEE, minimography #16, Rochester, Minn.

Trackmann, W., Spalke, G, and Oginszus, H.J. (1976) Quantitative elinahistomeric studies and relation of number and diameter of myted nerve fibers to electrophysiological parameters in normal sensory nerve nerves of man. *J. Neurol.*, 212: 71-84.

Todnem, K, Knudsen, G, Riise, T, Nyland, H, and Aarli, J.A. (1989) The non linear relationship between nerve conduction velocity and skin temperature. *J. Neurol Neurosurg Psychiatry*, 52: 497-501.

Trojaboeg, W. (1964) Motor nerve conduction velocities in normal subjects with particular reference to the conduction in proximal and distal segments of median ulnar nerves. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.*, 17: 314-324.

김광희, 이강목, 조재림, 이천원 (1983) 한국인의 운동신경전도속도의 정상치에 관한 연구. *대한정형외과 학회지*, 18: 437-444.

김세주, 오정희 (1976) 건강한 한국인의 운동 신경전도 속도에 관한 연구. *최신의학*, 19: 197-124.

선우일남 (1992) 신경전도검사에 미치는 연령, 성 및 신장의 영향에
관한 연구. 대한신경과학회지, 10: 173-187.

한국표준공업진흥청 (1986) 한국인의 표준체위조사보고서.

VII. 감사의 글

논문이 완성되기까지 격려와 지도편달을 아끼지 않으시고 바쁘신 중에도 좋은 논문이 될 수 있도록 세심한 지도와 가르침을 주신 김영태 지도교수님께 깊은 감사를 드립니다.

논문에 중요성을 일깨워 주시고 여러 가지로 많은 배려를 해 주시고 도와주신 이원재 교수님과 이명숙 교수님께도 진심으로 감사드립니다. 그리고, 본 논문이 완성되기까지 여러 가지로 도와주신 미생물학과 김진상 교수님, 이훈구 교수님, 송영환 교수님, 최태진 교수님과 대학원을 시작할 때부터 많은 도움을 주신 이재형 선생님과 생화학 실험실 구성원들에게도 고마움을 표합니다.

바쁘신 중에도 이 논문을 완성되기까지 도와주신 카톨릭대학교 최 식철 교수님, 동아대학교 김 윤규 선생님께도 깊은 감사를 드립니다.

끝으로 공부를 계속할 수 있게 도와주신 직장 교수님들과 동료, 선후배님들께 감사 드리고 사랑하는 나의 가족들과 도와주신 모든 분들께 이 논문을 바칩니다.

2003. 1